AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

caribbean food crops society

17

Seventeen Annual Meeting
November 1981

VENEZUELA

Vol. XVII

EL MODELO AGROFISICO COMO METODOLOGIA PARA OBTENER INFORMACION EN INVESTIGACION CON FERTILIZANTES

Omar A. Garrido V.
U.C.V. Facultad de Agronomía
Instituto de Agronomía
Maracay, Estado Aragua
Venezuela.

INTRODUCCION

En la mayoría de los experimentos que se realizan, a nivel de campo o laboratorio, con cualquier cultivo y con miras a obtener información sobre respuestas de las plantas a la aplicación de fertilizantes; se ha usado tradicionalmente como metodología estadística los Diseños de Tratamientos denominados Arreglos Factoriales (Tipos 2^k, 3^k e irregulares), si bien es cierto que estos métodos nos permiten estudiar varios factores a la vez (2 ó 3 elementos); en gran número de casos se encuentra uno con respuestas de los cultivos muy disimiles, llegando incluso hasta resultar contradictoria en muchos casos: otro problema que se presenta es que cuando actuan más de 3 factores (elementos) se forman interacciones de más de 3, 4 ó más factores cuya interpretación resulta muy compleja al momento de la discusión de los resultados, otro inconveniente sería que el establecimiento de modelos de predicción con esta metodología es también un poco difícil.

Más recientemente se ha empezado a utilizar en Venezuela otra metodología un poco más sofisticada que permite, con el uso de computadoras, el establecimiento de modelos de predicción y la optimización de la respuesta de los cultivos a la aplicación de determinadas dosis de los distintos elementos; nos estamos refiriendo a otro tipo de Diseño de Tratamientos, los llamados Diseños para Estimar Superficie de Respuesta, dentro de los cuales podamos decir que se han usado en el país el San Cristóbal ortogonalizado, el Central Compuesto y el Central Rotable; esta metodología consiste a grandes rasgos en la fijación de modelos polinómicos casi siempre de 2do. grado que establecen relaciones funcionales del tipo.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 z + \beta_3 w + \beta_4 x^2 + \beta_5 z^2 + \beta_6 w^2 + \beta_7 xz + \beta_8 xw + \beta_9 zw$$

Estos últimos métodos nos permiten llegar a fijar mediante el empleo del computador, un modelo que además de optimizar la respuesta del cultivo, nos da margen de hacer consideraciones de tipo económico; pero tiene precisamente ese inconveniente de la necesaria utilización de computadores de cierta capacidad, los cuales no son muy frecuentes en muchos organísmos de investigación. Queremos someter a consideración de los interesados una metodología, a nuestro juicio mucho más sencilla, que no ofrece mayores inconvenientes ni en la fase de la conducción de los trabajos de campo, ni a la hora de la realización de los cálculos estadísticos, ya que esta metodología requiere de la aplicación de métodos estadísticos sencillos que son del dominio de la generalidad de los investigadores, nos referimos ahora al llamado Modelo Agrofísico que describiremos un poco más adelante y que en esencia nos permite también el establecimiento de modelos de predicción que son el producto de las relaciones de los contenidos nutricionales del suelo, las cantidades del fertilizante aplicado al suelo, las cantidades de fertilizantes absorbido por las plantas y la respuesta de las propias plantas en términos de producción de cosecha. Es decir que son los conocimientos que derivamos de un análisis de suelo; de un análisis fitoquímico y la manipulación de unos métodos estadísticos sencillos, podemos llegar a fijar modelos de predicción que pueden llegar a tener un gran campo de aplicación en una zona determinada.

EL MODELO AGROFISICO

Este método se fundamenta en el hecho de que estudia el o los elementos problemas en forma individual, en presencia de cantidades suficientes de el o los otros elementos, y no hace énfasis en las interacciones de los distintos elementos, y a grandes rasgos consiste como se dijo antes, en establecer un conjunto de relaciones fundamentales $Y = f^{(x)}$ que podemos condensar así:

$Q \longrightarrow A \longrightarrow Y \longrightarrow U$; siendo

Q= Cantidad de nutrientes existentes en el suelo.

A= Cantidad de nutrientes absorbidos por la planta

Y= Producción del cultivo (rendimiento)

U= Utilidad que se obtiene al venderse la cosecha

Estas relaciones fundamentales pueden sintetizarse en las siguientes expresiones matemáticas.

1) RELACION ENTRE RENDIMIENTOS (Y) Y LOS NUTRIENTES ABSORBIDOS POR LA PLANTA (A).

$$Y = \frac{\alpha A}{1 + \beta A} \quad (1)$$ que linearizando se convierte en

$$\frac{A}{Y} = \frac{1}{\alpha} + \frac{\beta}{\alpha} A \quad (1.1)$$ que es una ecuación de una recta donde:

$1/$: representa el intercepto u ordenada en el origen

β/α : es la pendiente de la ecuación.

A/Y : es la variable dependiente

A= fertilizante absorbido (variable independiente de la ecuación)

Y= rendimiento

α y β : son parámetros a ser estimados por la ecuación.

2) RELACION ENTRE NUTRIENTES ABSORBIDOS POR LAS PLANTAS (A) Y EL FERTILIZANTE APLICADO AL SUELO (F).

$$Y = \frac{As + a_1 F}{1 + c_1 F} \quad (2)$$ que puede convertirse en una nueva ecuación de la línea recta.

$$\frac{1}{F} \left(1 \frac{As}{A} \right) = a_1 \left(\frac{1}{A} \right) - c_1 \quad (2,1)$$ en donde

$\frac{1}{F} \left(1 \frac{As}{A} \right)$ representa la variable dependiente

1/A : es la variable independiente

a_1 : pendiente y c_1 intercepto además son los parámetros a ser estimados por la ecuación.

3) RELACION ENTRE PRODUCCION (Y) Y EL FERTILIZANTE APLICADO AL SUELO (F)

$$Y = \frac{Yt + a_2 F}{1 + c_2 F}$$

(3) en este caso no es necesario convertir esta ecuación en una de una línea recta, y aquí tenemos:

Y= Rendimiento

Yt= Rendimiento del tratamiento testigo (sin fertilizante)

F= Fertilizante aplicado al suelo

a_2 y c_2 los parámetros a ser estimados por ecuaciones auxiliares, en función de a_1 y c_1.

4) ESTIMACION DE LA UTILIDAD OBTENIDA CON LA VENTA DEL PRODUCTO FINAL (COSECHA).

$$U = p\,(Y - Yt) - g\,F$$

(4) en donde:

p= precio unitario del producto final

Y= rendimiento del tratamiento fertilizado

Yt= rendimiento del tratamiento testigo

g= gasto que origina la aplicación de una unidad del fertilizante (precio del insumo + costo de la aplicación)

F= cantidad de fertilizante aplicado

UN EJEMPLO DE APLICACION DEL MODELO AGROFISICO

Para la demostración del funcionamiento del método, vamos a utilizar un trabajo experimental realizado por el Dr. Aldo Nerero, profesor de CIDIAT-ULA, a quien agradecemos la información que nos suministró.

El ensayo se realizó en Guanare, estado Portuguesa, Llanos Centro-Occidentales de Venezuela, con el cultivo de sorgo.

DATOS CONOCIDOS AL INICIO DEL ENSAYO:

1. Biomasa total estimada = 8000 Kg/ha.
2. Fertilizantes aplicados = N= 160 Kg/ha y K= 80 Kg/ha.
   P: 0 - 40 - 80 - 120 - 160 Kg/ha
3. Fósforo en el suelo Qs= 7,8 ppm (Olsen)

DATOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO:

P aplicado (F)	P absorbido (A)	Rendimiento (Y)
0 Kg/ha.	14 Kg/ha	5975 Kg/ha
40 "	16 "	6304 "
80 "	18 "	6537 "
120 "	19 "	7119 "
160 "	22 "	7685 "

CALCULOS NECESARIOS:

RELACION ENTRE RENDIMIENTO (Y) Y NUTRIENTE ABSORBIDO POR LA PLANTA (A):

Si usamos la ecuación 1.1.

$1/\alpha + (\beta/\alpha)\ A = A/Y$ tenemos:

P	A/Y (variable y)	A(variable x)
0	0,0023	14
40	0,0025	16
80	0,0028	18
120	0,0027	19
160	0,0029	22

Los parámetros estimados por el modelo son:

$\frac{1}{\alpha} = 0{,}0013$ y $\beta/\alpha = 0{,}0000745$ de aqui nos resulta que

$\alpha = 760{,}64$ y $\beta = 0{,}0567$ utilizando A= 22 como absorción máxima de fósforo realizada por el cultivo y sustituyendo en (1) obtenemos un rendimiento máximo de biomasa que teóricamente debe darnos el cultivo.

$$Y_x = \frac{\alpha\ Ax}{1 + \beta\ Ax} = \frac{760{,}64 \times 22}{1 + 0{,}0567 \times 22} = 7446 \text{ Kg/ha.}$$

este valor de rendimiento máximo estimado es ligeramente inferior al real que fué de 7685 Kg/ha.

RELACION ENTRE NUTRIENTES ABSORBIDOS POR LAS PLANTAS (A). Y FERTILIZANTE APLICADO AL SUELO (F)

Usamos ahora la ecuación (2.1)

$$\frac{1}{F}\left(1 - \frac{As}{A}\right) = a_1 \left(\frac{1}{A}\right) - c_1$$

$1/A = x$	$1/F\ (1 - \frac{As}{A}) = Y$
1/16= 0,0625	1/40 (1-14/16)= 0,003125
1/18= 0,0556	1/80 (1-14/18)= 0,002777
1/19= 0,0526	1/120 (1-14/19)= 0,002193
1/22= 0,0455	1/160 (1-14/22)= 0,002273

Estos valores de x (variable independiente) e Y (variable dependiente) nos permiten obtener para:

a_1 = 0,05434 y para c_1= 0,00034

RELACION ENTRE RENDIMIENTO (Y) Y FERTILIZANTE APLICADO (F).

Utilizando ahora la ecuación (3) $Y = \frac{Yt + a_2F}{1 + c_2F}$, previamente calcularemos a_2 y c_2 en función de a_1 y c_1 que establecimos en el paso anterior, para ello utilizaremos las siguientes expresiones:

$$a_2 \frac{\alpha\ a_1}{1 + \beta\ As} = \frac{760,64 \times 0,0534}{1 + 0,0567 \times 14} =$$

$$c_2 = \frac{c_1 + \beta\ a_1}{1 + \beta\ A_s} = \frac{0,00034 + 0,0567 \times 0,05434}{1 + 0,0567 \times 14} = 0,00153$$

a_2 = 23, 04 c_2= 0,00153

De la ecuación (1) calcularemos el valor del rendimiento estimado para el tratamiento testigo en función del fósforo absorbido del suelo por las plantas que llevaron dicho tratamiento.

$$Y_t = \frac{\alpha \quad A}{1 + \beta A} = \frac{760,64 \times 14}{1 + 0,0567 \times 14} = 5937 \text{ Kg/ha}$$

Luego conocidos Yt, a_2 y c_2, sustituimos en (3) y nos queda:

$$Y_c = \frac{Yt + a_2F}{1 + c_2F} = \frac{5937 + 23,04 \text{ F}}{1 + 0,00153 \text{ F}}$$

Ecuación que constituye el modelo agrofísico de predicción que queremos establecer; sustituyendo por valores de F obtendremos los correspondientes valores de rendimiento; veamos que pasa con nuestro ejemplo:

Dosis de P	Yc	Yo	Yc - Yo
0 Kg/ha.	5937 Kg/ha	5975 Kg/ha	-38
40 "	6463 "	6304 "	159
80 "	6932 "	6537 "	395
120 "	7352 "	7119 "	233
160 "	7731 "	7685 "	46

Los valores estimados por el modelo son muy próximos a los reales en las dosis extremas (por debajo del observado en el testigo y por encima en la dosis máxima); en las otras tres dosis el modelo produjo valores inferiores a los reales que oscilan entre 159 y 395 Kg/ha.

Utilicemos finalmente la ecuación (4) para hacer estimaciones de utilidad que podemos obtener con la aplicacción de las distintas dosis de fósforo aplicado, para ello supongamos:

1.- El rendimiento del grano representa el 45% de la biomasa.

2.- El precio comercial del grano es de 0,80

3.- El costo del Kg. de fósforo aplicado al suelo es de Bs. 1,oo

F	Y		P(Y-Yt)	g F	U
0 Kg P/ha.	2689 Kg/ha.	0 Kg/ha	0 Bs.	0 Bs.	0 Bs.
40 "	2837 "	148 "	118,40 "	40 "	78,40 "
80 "	2942 "	253 "	202,40 "	80 "	122,40 "
120 "	3204 "	515 "	412,oo "	120 "	292,oo
160 "	3458 "	769 "	615,20 "	160 "	455,20

De aquí se deduce que la máxima utilidad (Bs. 455,20), se obtiene con la aplicación de la máxima dosis (160 Kg p/ha), esto es lógico puesto que la respuesta del cultivo a la aplicación del fósforo ha sido de tipo lineal por lo menos hasta esta dosis; no sabemos que pudo haber ocurrido si se hubiera incluido en el ensayo una dosis adicional de 200 Kg p/ha, es decir con un incremento de 40 Kg p/ha., si a partir de aquí la respuesta es cuadrática la utilidad que pudieramos obtener sería menor.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MODELO AGROFISICO

Dentro de las ventajas que presenta el uso de esta metodología podemos citar:

1.- El manejo de un ensayo de campo y el análisis de los datos es realmente sencillo.

2.- Solo emplea métodos estadísticos sencillos, análisis de regresión simple, por lo tanto no requiere uso de computadoras muy complejas.

3.- Permite hacer estimaciones sobre utilidad obtenible con la aplicación del fertilizante, mediante el uso de cálculos relacionados con aritmética simple.

4.- Establece modelos de predicción sencillos, que pueden ser aplicables a condiciones de suelo conocidas.

Como desventajas podriamos señalar:

1.- No permite el estudio de interacciones de dos o más factores, por lo tanto se debe establecer un modelo para cada elemento.

2.- Se requiere hacer un análisis de suelo al momento de la siembra del ensayo, previo a la aplicación del fertilizante; pero esto puede ser válido y necesario con el empleo de los otros dos métodos señalados.

3.- Se necesita un análisis fitoquímico a cierta edad de las plantas, se debe escoger el momento preciso para hacer el muestreo de campo, todo depende del cultivo con que se trabaje.

4.- Las dos últimas desventajas señaladas, implican desde luego acceso a laboratorios donde se garantice análisis precisos y confiables.

RESUMEN

Se describe una metodología sencilla, para fijar modelos de predicción, mediante el establecimiento de relaciones funcionales del tipo Y= f (x); entre:

a.- Rendimiento (Y) y nutriente absorbido por la planta (A).

b.- Nutriente absorbido por la planta (A) y fertilizante aplicado (F).

c.- Rendimiento (Y) y fertilizante aplicado (F).

Además se ofrece la alternativa de hacer estimaciones de utilidad que se obtiene con la aplicación de los fertilizantes.

Relaciones fundamentales que podemos sintetizar así:

Q $\longrightarrow$ Y $\longrightarrow$ U, donde:

Q= cantidad de nutrientes existentes en el suelo

A= cantidad de nutrientes absorbidos por la planta

Y= rendimiento del cultivo

U= Utilidad obtenible con la aplicación del fertilizante

Se señalan ventajas y desventajas del método.

SUMMARY

A simple metodology is described to fix prediction models by using functionals relations according to Y= f (x) among:

a.- Yield (Y) and nutrient absorbtion by plant (A).

b.- Nutrient absorbtion by plant and applied fertilizers (F).

c.- Yield (Y) and applied fertilizers (F)

Also some alternatives are presented in order to obtain estimations of usefulness in fertilizers applications which can be expressed according to:

$Q \longrightarrow A \longrightarrow Y \longrightarrow U$, where

Q= Nutrients amount existent in the soil.

A= Nutrients amount absorbed by the plant.

Y= Yield

U= Usefulness obtained with fertilizers applications

Some advantages and disadvantages are presented by using this method.